UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Diego Farias Fernandes

AUTOMAÇÃO DE USINAS DE ASFALTO

Canoas, Julho de 2008

Diego Farias Fernandes

Automação de Usinas de Asfalto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da ULBRA como um dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista

Departamento:

Engenharia Elétrica

Área de Concentração

Automação Industrial

Professor Orientador:

Dr. Eng.Valner João Brusamarello – CREA-RS: 78.108-D

Canoas

2008

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do Autor: Diego Farias Fernandes

Matrícula: 041001494-8

Título: Automação de Usinas de Asfalto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da ULBRA como um dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista

Professor Orientador:

Dr. Eng.Valner João Brusamarello

CREA-RS: 78.108-D

Banca Avaliadora:

Msc. Eng. Adriane Parraga

CREA-RS: 107.196-D

Conceito Atribuído (A-B-C-D):

Msc. Eng. André Luis Bianchi

CREA-RS: 89.197-D

Conceito Atribuído (A-B-C-D):

Assinaturas:

______________________	______________________
Autor Diego Farias Fernandes	Orientador Valner João Brusamarello
______________________	______________________
Avaliador Adriane Parraga	Avaliador André Luis Bianchi

Relatório Aprovado em:

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais...

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, o meu reconhecimento.

Ao Professor Valner João Brusamarello pelo estímulo, dedicação e esforço pessoal proporcionado.

Aos colegas de Engenharia pelas sugestões e observações valiosas.

Ao meu Supervisor de estágio Rogério de Araujo Vidal por me proporcionar a realização deste projeto.

Aos meus pais por sempre acreditarem e me incentivarem em tudo que fiz me incentivando para a realização deste sonho.

A minha namorada por suportar os momentos difíceis e me incentivar

EPÍGRAFE

"Faça o que for necessário para ser feliz. Mas não se esqueça que a felicidade é um sentimento simples, você pode encontrá-la e deixá-la ir embora por não perceber sua simplicidade"...

Mario Quintana.

RESUMO

Farias Fernandes, Diego. **Automação de Usinas de Asfalto.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica - Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Luterana do Brasil. Canoas, RS. 2008.

Atualmente o processo de fabricação de Asfalto Quente (HMA – Hot Mix Asphalt) é manual na grande maioria das Usinas Móveis de Asfalto do Brasil. Com a necessidade de melhorar o processo de fabricação do mesmo e torná-lo mais seguro surge a necessidade de automatizar a sua fabricação. Este trabalho tem como objetivo demonstrar como funciona uma Usina de Asfalto e de que maneira estas podem ser controladas e automatizadas através da utilização de um CLP em conjunto com um Software Supervisório de Operação e Controle (SISTEX)

Palavras chave: Asfalto. Usina. Automação. CLP. SISTEX. Software Supervisório

ABSTRACT

Farias Fernandes, Diego. Plant Automation System. Work of Conclusion of Course in Electrical Engineering - Electrical Engineering Department. Lutheran University of Brazil. Canoas, RS. 2008.

Currently the manufacture process of Hot Mix Asphalt (HMA) in most of the mobile plants of Brazil is manual. With the necessity to improve the process of manufacture of the HMA and become it safer, appears the necessity to automatize its manufacture. The goal os this work is to analyze how a Mobile Plant of Asphalt operates and the ways that it can be controlled and automatized through the use of a CLP and a Supervisory Software to Control and Operate (SISTEX).

Keywords: Asphalt. Plant. Automation. PLC. SISTEX. Supervisory Software

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo;

CLP – Controlador Lógico Programável;

FFT – Fast Fourier Transform;

IHM – Interface Homem Máquina;

HMA – Hot Mix Asphalt ou Massa Asfáltica;

PID – Proporcional, Integral e Derivativo;

RAP - Recycled Asphalt Pavement;

RPM – Rotações Por Minuto;

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition;

SISTEX – Software Supervisório TEREX;

TPH – Toneladas Por Hora;

LISTA DE SÍMBOLOS

K - Coeficiente de condutibilidade;

P - Pressão termodinâmica;

Ti - Valor da temperatura;

A – Ampéres;

ºC - Graus Celsius;

G – Unidade para Gravidade – 9,82 m/s^2;

HP – Horse Power (Unidade de Potência);

CV – Cavalo Vapor;

Hz – Hertz;

kW – Kilo Watts;

lbs/pol^2 - Libras por polegada ao quadrado;

m – Unidade de Metro;

m^3 – Metro cúbico;

m^3/h. - Metro cúbico por hora;

MW – Mega Watts;

V – Volts;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Para a fabricação da massa asfáltica pode ser utilizada uma usina de asfalto fixa ou móvel. Aqui será apresentado como é o funcionamento e automação de uma usina móvel, que se apresenta necessária em obras distantes de usinas fixas e de difícil acesso para se transportar a massa asfáltica (HMA).

Há dois tipos de usinas móveis, com relação à maneira como é feito o asfalto. Em uma delas os agregados (areia, brita, pedrisco e pedra) movimentam-se na direção oposta à do queimador e na outra, estes se movimentam em sua direção. As últimas são chamadas usinas de contra fluxo. Existem entre elas pequenas diferenças, e neste trabalho serão abordadas as usinas de contra fluxo por oferecerem uma demanda maior de mercado.

A fabricação de asfalto quente (HMA) consiste na mistura de agregados, aquecidos e sem umidade, ou com umidade inferior a 3%, juntamente com o cimento asfáltico de petróleo (CAP). Ao aquecer os agregados e misturá-los ao CAP, que tem o papel de liga, a mistura torna-se homogênea. A operação destes procedimentos em uma usina de asfalto requer muitos cuidados, tanto para a qualidade do HMA quanto para a proteção da usina e do operador. Necessariamente três temperaturas devem ser medidas e avaliadas constantemente, são elas: temperatura do filtro de mangas, temperatura dos gases e temperatura da massa, juntamente com a quantidade de produção e a qualidade da chama emitida pelo queimador. Uma falha na avaliação destas informações pode ocasionar em um acidente e uma grande perda de insumos.

O sistema que controla todo o processo de automação da usina é denominado SISTEX (Software Supervisório TEREX), este sistema se comunica e todo o tempo com o CLP que faz toda à parte de acionamento e tomada de ações. Suas particularidades também serão abordadas neste trabalho.

A figura 1.1 ilustra o que é uma usina de asfalto móvel.
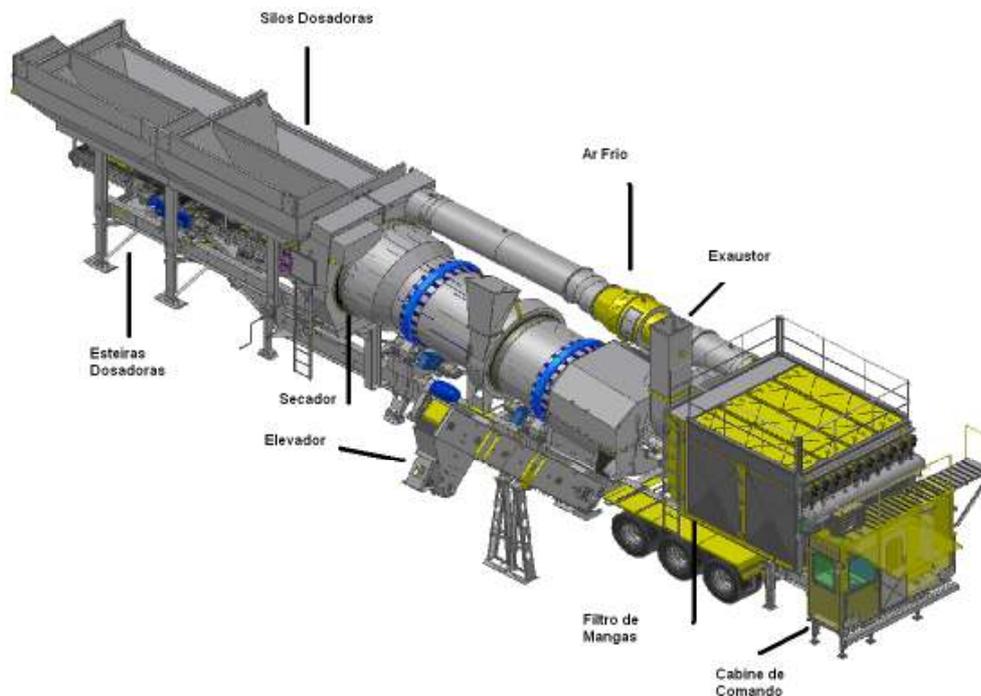
Figura 1.1 – Usina de Asfalto Móvel.

1.1. Visão Geral do Problema

Atualmente existem no Brasil poucos fabricantes de usinas de asfalto, por ser um produto complexo e de alto custo, as usinas que eram fabricadas na Terex possuíam todos os seus acionamentos sem nenhum tipo de controle incorporado, ou seja, não era possível garantir a produção adequada e muito menos a segurança necessária para este tipo de equipamento.

Tendo conhecimento das dificuldades do processo de fabricação do HMA surge a necessidade de melhorar a qualidade e segurança, que pode ser obtida com

a automação do processo. Através da implantação de malhas de controle com sensores (de temperatura, pressão, posição, presença e células de carga) são criados **set-points** por meio de um CLP, que opera em conjunto com um sistema supervisório. Com estas duas ferramentas foi elaborado um projeto de automação para o controle de uma usina de asfalto móvel. Tal solução visa controlar em tempo real todas as informações originadas nos sensores da usina. Este trabalho, portanto, visa à produção de asfalto com maior qualidade além de proporcionar os padrões necessários de segurança a todos os envolvidos na produção do HMA, bem como atingir um mercado de vendas maior.

1.2. Aspecto Comercial

O conceito de usinas de asfalto que existia até alguns anos atrás era o conceito de uma máquina robusta e com pouca tecnologia embarcada, ou seja, as máquinas exigiam muito esforço físico e requeria muitas pessoas envolvidas no processo de fabricação de HMA. Assim implicava em um alto custo de mão-de-obra envolvido tanto para a empresa fabricante da máquina quanto para o cliente final do equipamento.

A proposta de controlar todo o processo de fabricação de HMA pelo computador (CLP) acaba por solucionar diversos problemas como a questão do elevado custo de mão-de-obra e o alto índice de acidentes, até então, do ponto de vista comercial não era possível agregar margem maior de lucro no equipamento, pois a máquina não oferecia nenhum tipo de tecnologia e ainda exigia um custo extra com pessoas para operá-la. Com este processo foi possível estabelecer melhores preços de venda dos produtos e ainda proporcionar aos clientes uma máquina viável financeiramente, com uma capacidade de produção maior. Foram proporcionadas também máquinas menos poluentes e com um índice de risco de acidentes quase zero.

-

.

1.3. Estudos de mercado

Visando sempre o crescimento no mercado de construções de estradas se faz necessário conhecer o ramo de trabalho e os principais clientes.

Segundo o ministério dos transportes (ministério do Transporte, 2007) o mercado das rodovias do Brasil é o segundo maior do mundo e só perde para os EUA. Somente no Brasil de usuários das estradas e rodovias, são mais de 1,3 bilhões de pessoas anualmente, representando mais de 95% do transporte de passageiros total do país. Cerca de 63% da carga transportada passa pelas estradas. A malha rodoviária é a segunda maior do mundo, com mais de 1,6 milhões de quilômetros, embora menos de 10% esteja asfaltada.

O processo de concessão de rodovias revelou a dimensão desse mercado e hoje 42 concessionárias atuam em 8 estados brasileiros (ministério do Transporte, 2007). Novos trechos são concedidos a todo o momento e novos setores interessados vêm surgindo como pedreiras, prefeituras, construtoras, mineradoras e revendedores de máquinas pesadas, ampliando o número de empresas no setor e aumentando ainda mais o ramo de pavimentação e, portanto, a demanda de usinas de asfalto sobe na mesma proporção.

1.4. Recursos

Em usinas de asfalto, por necessitarem de equipamentos eletrônicos com grande poder de resistência a intempéries, a movimentos rápidos e bruscos (de alta confiabilidade) foi necessário utilizar muitos componentes importados o que acaba tornando a solução mais onerosa do que o esperado.

A busca de recursos começa pela elaboração do esquema elétrico, que é a etapa onde se decide como deverá funcionar o equipamento. Após esta etapa é necessário realizar a programação de materiais, ou seja, decidir todos os componentes que serão utilizados, feita a lista determina-se os custos de materiais e acrescentar o preço da mão-de-obra para que se possa ter a noção exata do custo total para solução apresentada.

1.4.1 Orçamento do Projeto

Atualmente uma usina de asfalto tem um custo de fabricação em média de R$800.000,00 e os custos do sistema de automação estão mensurados a seguir.

Controle de Usinas de asfalto sem sistema de automação:

- Materiais e componentes elétricos: R$10.000,00
- Mão-de-obra: R$5.000,00
- Encargos administrativos: R$5.000,00

Controle de usinas de asfalto com sistema de automação completo:

- Materiais e componentes elétricos: R$35.000,00
- Mão-de-obra: R$15.000,00
- Encargos administrativos: R$10.000,00

Estes custos são estimados e muitas vezes sofrem variações devido às oscilações do mercado financeiro.

2. FUNCIONAMENTO DA USINA DE ASFALTO

Neste capítulo será explicado em detalhes como é o funcionamento de uma usina de asfalto móvel. Em primeiro lugar apresenta-se a usina, bem como suas partes e funcionalidades, para posteriormente apresentar em detalhes o seu funcionamento. A Figura 2.1 serve de guia para a localização dos principais itens que serão descritos a seguir:
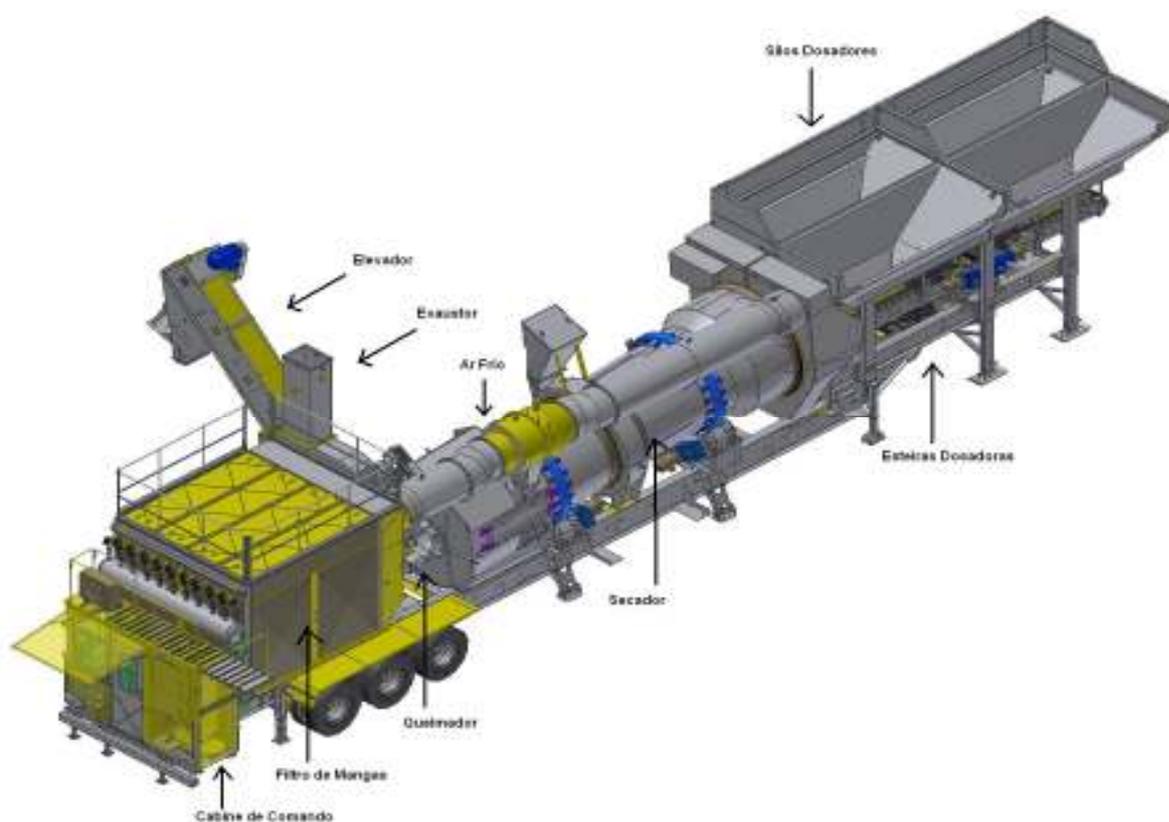
Figura 2.1 – Descrição das Principais Partes da Usina

2.1. *Funcionamento das Principais partes da Usina*

A seguir serão descritas as principais partes das usinas de asfalto móvel para um melhor entendimento do funcionamento geral deste equipamento.

2.1.1 Silos Dosadores

Normalmente uma usina de asfalto móvel conta com 4 silos com aproximadamente 2m³ de capacidade.

A função dos silos é de, durante a produção, armazenar os agregados que irão constituir a mistura asfáltica final. Há na saída do silo uma abertura que pode ser variada conforme as necessidades de produção. A instalação da usina deve ser feita ao lado de uma estrutura mais elevada, para que uma retro escavadeira possa recarregar, por cima, os silos (que ficam a 4 metros do chão), conforme estes silos dosadores esvaziam durante a produção.

A usina que está sendo automatizada pode chegar a produzir 140 toneladas por hora, como com o silo cheio têm 5 toneladas de material (todos os agregados vêm da pedra, logo, suas densidades são iguais), em aproximadamente 9 minutos um silo pode ser totalmente esvaziado.

2.1.2 Vibradores de Silos

Os silos têm uma saída afunilada de materiais e muitas vezes o agregado fica preso e não chega à esteira. Para resolver este problema existem os vibradores (motores de 0,37 KW), que vibram o silo para que o material volte a cair na esteira. O seu funcionamento depende de uma chave fim-de-curso que fica instalada na saída do silo com uma espécie de "pá" que fica sobre o material, quando o material pára de cair, esta "pá" desce e toca o contato do fim de curso que por sua vez aciona o vibrador do respectivo silo com falta de material. Caso não haja automatização, o vibrador só será ligado quando o operador notar que não há material presente na esteira. Normalmente dois vibradores são suficientes para a

usina, pois só são usados dois tipos de agregados com dimensões maiores (pedra e brita) e que trancam no silo mais seguidamente. A instalação em todos os silos é opcional.

2.1.3 Peneira

É instalada na saída dos quatro silos que alimentam a esteira extratora, e é usada para evitar que pedras de tamanho maior ou outro material de grandes proporções entre no secador e o danifique. Na peneira há um motor de 0,75 KW que a faz vibrar.

2.1.4 Esteiras

Existem cinco esteiras na usina. Quatro delas são dos silos e a quinta chama-se correia extratora. As outras esteiras têm seu final de curso na esteira extratora, que carrega os materiais dos silos para dentro do secador. As esteiras dos silos são movimentadas por motores trifásicos de 3 CV. A correia extratora tem o mesmo motor, mas com potência de 7,5 CV. Deve haver um intertravamento entre o funcionamento das esteiras dos silos e a correia extratora, para que não ocorra acúmulo de material dentro do secador, podendo assim comprometer a produção.

2.1.5 Inversores de Freqüência

Para uma usina de asfalto básica tem-se um total de 5 inversores de freqüência que são os responsáveis pela variação de velocidade das esteiras dosadoras e também variam a velocidade da bomba de CAP, que atuam no controle da produção do HMA e na injeção do CAP. O controle de freqüência dos inversores é realizado através de um PID existente internamente no inversor (Danfoss, 2006, p.25).

A realimentação deste sinal é utilizada e tratada no CLP para o controle automático. Os inversores dos silos e da bomba de asfalto possuem a mesma potência dos seus motores, respectivamente 3 CV e 5 CV.

2.1.6 Bomba de CAP

É uma bomba de engrenagens de duas polegadas com vazão de até 12 toneladas por hora, controlada por um motor elétrico de 5 CV com inversor de freqüência para controle de vazão. Também rotaciona no sentido inverso, para que no final da operação sejam retirados todos os resíduos das tubulações, pois quando o CAP esfria, acaba se tornando um material duro. O CAP deve ser mantido aquecido à 150ºC para obter suas características quando presente na mistura (Petrobrás, 1995). Para o tipo de usina em que os agregados se movem em direção ao queimador, o CAP deve entrar em uma distância equivalente a dois terços do tamanho do secador (dois terços de oito metros no caso, 5,33m), contada a partir do ponto onde os agregados entram.

2.1.7 Células de Carga

A usina de asfalto em sua configuração sem opcionais utiliza quatro células de carga que estão localizadas em cada esteira dosadora. Cada célula de carga emite um sinal de 2 mV/V (Toledo, 2004, p.10) que é enviada a um amplificador e condicionador de sinais independente, pois o CLP não possui entrada para sinais não condicionados, sinais condicionados são tratados no CLP controlando pelo peso a produção e atuando na velocidade das esteiras quando necessário para aumentar ou diminuir a produção.

2.1.8 Chaves Fim-de-Curso

Os sensores de fim de curso são utilizados para identificar a presença de material sobre a esteira. Estes sensores são instalados na base do silo por onde sai o material. O transdutor (ACE Schmersal, 2007, p.2) é composto por uma haste com um sensor de mercúrio que indica se há ou não material na esteira. Somente a leitura das células de carga não é suficiente para garantir se há ou não agregado na esteira, pois muitas vezes esta desliza e não há garantia de que o material esteja chegando até a correia extratora.

2.1.9 Secador de Agregados

É nele onde os agregados são misturados e aquecidos. É acionado por quatro motores de 15 CV, ligados em paralelo. Tem 8 metros de comprimento e diâmetro de 2 metros. Na sua estrutura interna há aletas dentadas soldadas ao redor da estrutura, para misturar o material e formar uma "cortina" que impede o aquecimento direto do ar que pode queimar o filtro de mangas. Na Figura 2.1.1 pode ser observado o interior de um secador.

Figura 2.1.1: Aletas no interior do Secador

2.1.10 Queimador

É constituído por um soprador, uma bomba de combustível, válvula de gás, faiscador centelhador, servo motor e válvulas de segurança. O soprador gera através de um motor de 40 CV uma corrente de ar que tem a função de espalhar a chama. A potência total do queimador chega a 13 MW. A bomba de combustível atua juntamente com o soprador através de uma válvula borboleta que controla a proporção entre combustível e ar. Uma válvula de gás opera junto com o centelhador para criar uma chama inicial, antes de ligar a bomba de combustível e o soprador. As válvulas de segurança fecham a circulação do gás e combustível quando há grande elevação de temperatura (maior que 200°C) no secador e quando há diferença negativa de pressão entre o secador e o meio ambiente. O servo motor controla a mistura entre ar e combustível, determinando assim a potência do

queimador. A sua função na fabricação do HMA é de aquecer os agregados e retirar sua umidade para que estes quando em contato com o CAP tornem a mistura homogênea e obtenha liga entre os componentes. Na Figura 2.1.2 pode-se observar o tamanho da chama quando o queimador está em funcionamento. Este só pode entrar em funcionamento após as seguintes condições:

- O Exaustor deve estar ligado, para que haja ar suficiente para ser queimado e não haver inversão da chama devido à diferença de pressão (interna e externa do secador);
- A Abertura do controlador de entrada de ar (damper), maior que 50% para que haja vazão suficiente de ar para a partida do queimador;
- Presença de material no interior do secador, caso contrário o ar esquentará muito rápido e o filtro de mangas será queimado em poucos segundos.

A) Vista interna do queimador. B) Vista externa do queimador.

Figura 2.1.2: Queimador em Funcionamento

2.1.11 Filtro de Mangas

O filtro de mangas tem como finalidade filtrar o ar proveniente da queima dos agregados. Agregados são constituídos por pedra, ao qual durante a queima libera muita poeira. A filtragem tem dois objetivos: não poluir o ar com o material liberado da queima e ao mesmo tempo reaproveitá-lo. Este filtro é constituído de várias hastes que são chamadas de mangas, revestidas por Poliéster ou Nomex® (Renner tecidos, 2005, p.1). No topo de cada manga há uma válvula de ar comprimido que faz um disparo a cada segundo para empurrar para baixo a poeira capturada pelas mangas. Na parte inferior do filtro há o transportador de finos, que realimenta a mistura com a poeira que foi perdida pela ascensão dos gases.

Há uma perda considerável de material com o seu aquecimento, caso não ocorra o seu retorno à mistura. Com essa perda o queimador aquecerá demasiadamente o secador e o filtro de mangas entraria em perigo. Conforme o tipo do material utilizado nas mangas há uma temperatura máxima que este pode atingir.

A Tabela 2.1 mostra quais as temperaturas máximas, mínimas e de operação dos dois tipos de filtro citados (Renner tecidos, 2005, p.1).

Tabela 2.1: Limites de Temperaturas de cada tipo de filtro

	Mangas de Poliéster	Mangas de Nomex
Mínima	120° C	120° C
Máxima	**150° C**	**210° C**
Temperatura de trabalho no filtro	120° C a 130° C	150° C a 180° C

Conta-se com dois compressores para alimentar as válvulas pneumáticas que existem na usina (silo e pré-silo de saída, filtro de mangas e válvula de segurança do ar frio). Há um controle de pressão juntamente com os compressores para controlar seu ligamento e desligamento. Os compressores devem ser desligados quando alcançarem 120 lbs/pol² e ligar em 80 lbs/pol². Durante o processo de fabricação, foca-se principalmente na temperatura neste ponto. A reposição do filtro de mangas tem um custo elevado, cerca de U$14.000,00 (custos Terex), daí a preocupação em controlar a sua temperatura.

A Figura 2.1.3 exemplifica o fluxo de um tipo de filtro de mangas, juntamente com alguns elementos que o acompanham

A Figura 2.1.4 exemplifica a estrutura de um filtro de mangas.

Funcionamento do filtro de mangas A representação a seguir é meramente esquemática a fim de facilitar a interpretação do funcionamento.

Câmara superior
Entrada de ar contaminado
Câmara superior
Ar filtrado pelas mangas sugado pelo exaustor
Pulso de ar
Jato de ar
Ar contaminado
Manga
Manômetro coluna d'água
Pó coletado
Transportador helicoidal
Tubo "pulmão"
Válvulas de pulso de ar
Venturi

Figura 2.1.3: Funcionamento do Filtro de Mangas

Figura 2.1.4: Filtro de Mangas

2.1.12 Transportador de Finos

O transportador de finos é um transportador helicoidal tipo caracol sem fim que leva o pó, extraído das mangas do filtro, para o secador, para ser misturado novamente ao restante dos materiais.

2.1.13 Exaustor

O exaustor tem como função retirar o ar quente da combustão para que possa ter mais ar para queimar. O motor que compõe o exaustor é de 75 CV, trifásico, gira a 1400 rpm e tem uma vazão de 6000 m³/h. Funciona em conjunto com um atuador que controla a abertura de ar na saída do exaustor que é chamado de damper.

A figura 2.1.5 traz um detalhamento do conjunto do exaustor.
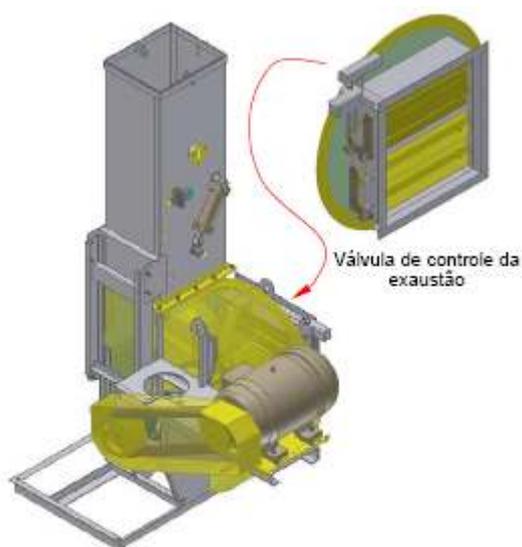
Figura 2.1.5: Conjunto Exaustor

2.1.14 Damper do Exaustor

Através de um atuador elétrico é controlada a saída de ar do exaustor. Este atuador tem um controle interno de posição utilizando um PID. A realimentação de sua posição real é utilizada no CLP. Para a partida do queimador é necessário que haja uma abertura de 50% de ar, caso contrário pode haver inversão no sentido da chama.

Para a partida do exaustor, é necessária que o damper esteja completamente fechado, caso contrário, a presença de ar cria resistência à sua partida, o que contribui para o aumento da corrente de partida. Durante o processo de produção esta abertura é o que determina a vazão máxima de produção, pois para uma determinada abertura há uma potência máxima de operação do queimador. Se este controle não for efetuado, ou o agregado não secará direito ou haverá superaquecimento do secador. Com a abertura correta para uma determinada vazão também se garante economia de combustível do queimador, pois quanto mais ar há para este aquecer, menos potência é utilizada para retirar a umidade dos agregados. Permitindo a entrada de mais ar também pode ser uma maneira de reduzir a temperatura do secador e por conseqüência do filtro de mangas. Este controle não é indicado, pois pode causar desperdício de combustível e prejudicar o correto aquecimento dos agregados. Para reduzir as temperaturas comentadas deve-se diminuir a potência do queimador e em segundo caso utilizar o atuador do ar frio.

2.1.15 Damper do Ar Frio

Atuador elétrico usado para entrada de ar frio (ar à temperatura ambiente) para resfriar os gases que vão para o filtro de mangas (Rockwell Actuators, 2007, p.1). Este atuador é o mesmo utilizado no damper, logo, apresenta as mesmas características. A entrada de ar frio permite um resfriamento mais rápido dos gases ao invés de diminuir a potência do queimador ou propiciar uma abertura maior do damper. Sua utilização se dá em casos onde a temperatura do filtro de mangas está muito elevada ou quando está aumentando rapidamente. O ajuste do atuador de ar frio deve ser feito através de uma malha de controle que depende da variação de temperatura dos gases. Juntamente com o atuador há uma válvula pneumática de

abertura rápida, para situações de emergência onde a temperatura do filtro de mangas ultrapassou os limites e precisa ser resfriada rapidamente.

2.1.16 Elevador

O elevador é um equipamento utilizado para transportar o HMA pronto que sai do secador até o silo de saída que está incorporado no próprio elevador e que possui uma capacidade de 1 m³ e que por sua vez descarregara o HMA em um caminhão. O mesmo é composto por um motor trifásico de 30 CV que quando acionado começa a movimentar as pás de arraste que estão em seu interior transportando assim o HMA. O Elevador funciona constantemente enquanto a usina estiver em funcionamento. Caso contrário todo o material ficaria acumulado dentro do secador comprometendo a produção.

A figura 2.1.6 mostra o detalhe de um elevador.

Figura 2.1.6: Detalhe do elevador

2.2. Instalação da Usina

A usina deverá ser instalada preferencialmente na parte superior de um desnível de terreno (com muro de arrimo), facilitando assim a descarga da massa na caçamba do caminhão.

Locais distantes de zonas habitadas são mais adequados para a instalação da usina. Se ficar próximo, devem ser observados os horários permitidos para o funcionamento da usina. A área não deve ser vulnerável a alagamentos. O espaço em torno da usina deve ser suficiente para permitir o livre trânsito para movimentação de material e garantir a segurança dos operários. Como a usina é um equipamento pesado, que apresenta vibração no funcionamento, é fundamental instalá-la em um terreno de boa estabilidade.

- **Área ocupada**: Ao definir o local de instalação, é preciso conhecer a dimensão, da usina e também das áreas de armazenagem de agregados, movimentação de veículos de transporte, dependências auxiliares, etc. Estudar a melhor forma de distribuir estes elementos, visando obter uma instalação organizada, que se caracteriza por permitir facilidade no fluxo de materiais, manobras de veículos, circulação de operários, etc.
- **Incidência de ventos**: Especialmente em regiões com incidência constante de vento, é importante determinar qual a direção predominante do mesmo, evitando que uma orientação inadequada da usina venha originar dificuldades operacionais futuras, tal como: a poeira gerada no carregamento de silos não deve atingir o operador da carregadeira (devido a perdas de visibilidade e risco de acidentes sérios), nem a cabine de controle da usina.

- **Poluição**: Na instalação da usina deve haver a preocupação com o meio ambiente. Devem-se tomar todas as medidas para prevenir a poluição provocada por vazamentos de combustíveis líquidos, lubrificantes ou asfalto, ainda mais quando a usina será instalada próxima a cursos d'água - o que deve ser evitado. Neste caso, a execução correta de obras civis de contenção, evitam que vazamentos alcancem os cursos naturais de águas, lavouras, residências, etc.
- **Organização da montagem**: Para uma montagem rápida e sem contratempos ou acidentes é a organização dos elementos à serem instalados, que devem ser dispostos no local de montagem próximos ao local definitivo, deixando espaço para a movimentação dos equipamentos de movimentação. Os empilhamentos devem ser evitados, que além do risco de danificarem componentes, exigirá remanejamento no momento da montagem.

A figura 2.1.7 exemplifica um tipo de instalação de usina

Figura 2.1.7: Tipo de Instalação de Usina com rampa de acesso para carregamento de materiais.

2.3. Fluxo de Funcionamento

Para iniciar a produção de HMA nas usinas de asfalto é necessário que o cliente informe que tipo de massa asfáltica ele tem necessidade e sua temperatura. A partir daí a máquina segue o seu fluxo de funcionamento descrito a seguir.

1. Estocagem do material;
2. Carregamento do material;
3. Distribuição dos materiais nos silos dosadores. Materiais de menor granulometria devem ser colocados nos silos que tiverem sistema vibrador;
4. Transporte do material e pesagem dos mesmos através do sistema de controle de processo SISTEX;

4.1. Cabine de comando;

5. Transporte dos materiais dosados, para ingresso no secador-misturador;
6. Injeção de Asfalto – CAP;
7. Queimador;
8. Secagem e mistura do material

8.1. Exaustão dos gases com particulados em suspensão;

9. Saída de massa asfáltica do secador;
10. Processo de ingresso do ar “contaminado”, no sistema de filtragem Via Seca (Filtro de Mangas);

11. Manga com Venturi incorporado – ação do “pulso de ar”;
12. Decantação do pó contaminado que foi retido nas mangas;
13. Exaustor com válvula de controle de exaustão;
14. Chaminé de saída dos gases já descontaminados, liberados para a atmosfera;
15. Recuperação de *filler* (finos) provenientes do processo de filtragem dos gases p/ reingresso no secador;
16. Transporte do material no elevador;
17. Descarga do material no silo de armazenamento;
18. Processo de carregamento dos caminhões (o carregamento em 3 pontos evita a segregação do material);
19. Aplicação da massa asfáltica na pista, através de uma vibro acabadora;
20. Resultado final: pista asfaltada com alta qualidade proporcionada pelos equipamentos ***Terex Roadbuilding***.

A figura 2.3.1 ilustra o fluxo de funcionamento das usinas de asfalto.

Estocagem do Material
Carregamento Material
Distribuição do material
Transporte Material
Cabine Comando
Material Dosado
Injeção Asfalto
Queimador
Secagem
Gases Particulados
Saída da Massa
Ar Contaminado
Pulso de ar
Pó Contaminado
Válvula de Controle Exaustor
Chaminé de Saida Gases
Recuperação de Filler
Transporte Elevador
Descarga material
Carregamento Caminhoes
Aplicacão Massa

Figura 2.3.1: Fluxograma de Funcionamento
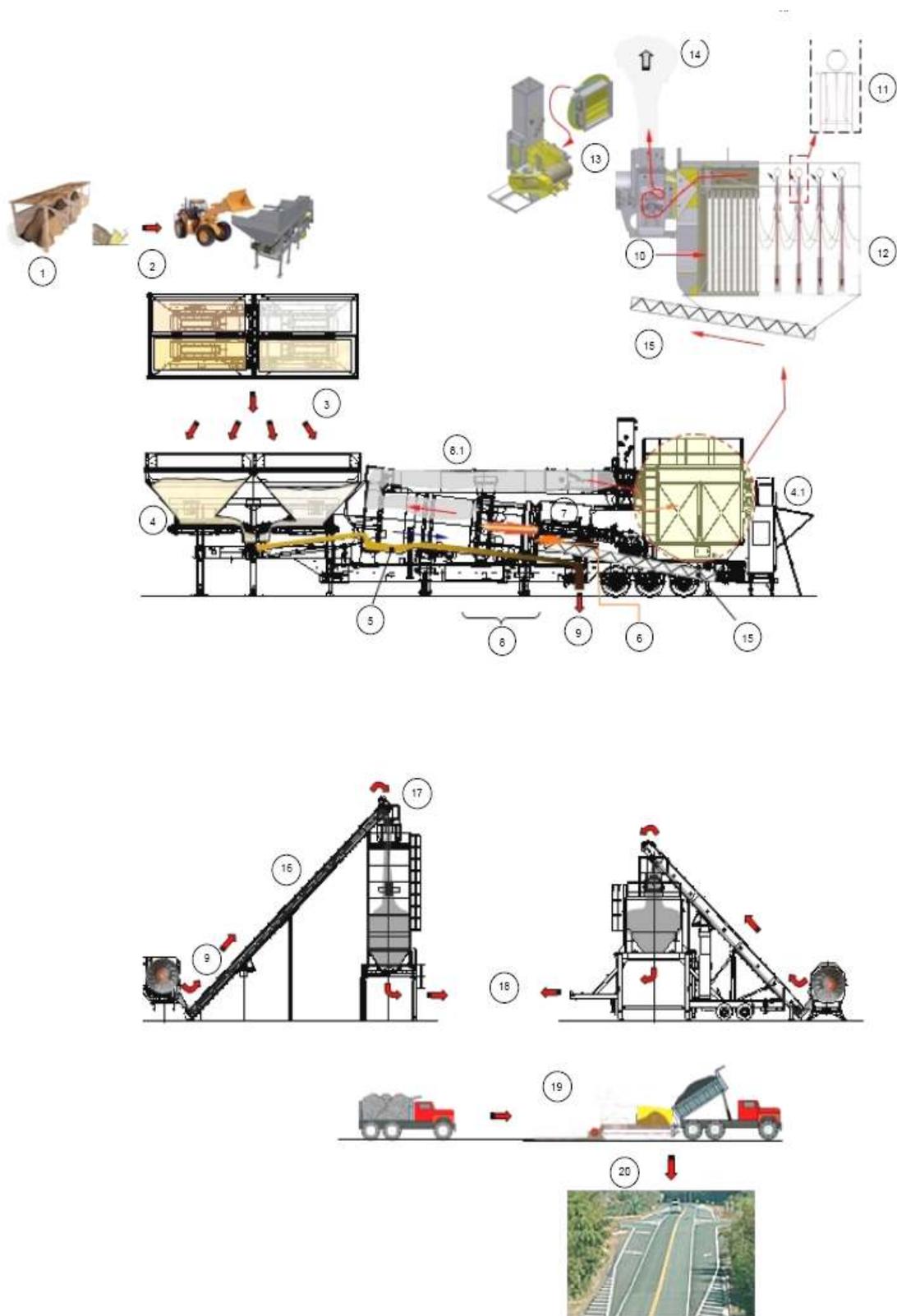
Figura 2.3.2: Fluxo de Funcionamento

2.4. Funcionamento sem Automação

O funcionamento das usinas de asfalto sem automação é chamado de sistema manual, este sistema é bastante complexo e abre margem para erro humano, pois para operação da usina neste modo é necessária muita experiência porque o painel de controle manual apresenta diversos acionamentos que devem ser executados para garantir a operação do equipamento. Em síntese, o operador deve administrar o correto funcionamento a abastecer os caminhões que chegam constantemente com HMA em temperatura e quantidade certa.

A garantia de que os motores estão funcionando corretamente é visual e não há muitos avisos de segurança e os poucos que existem são meramente para mostrar ao operador que algo está errado. E necessita, portanto, que o mesmo esteja muito atento e quando necessário saiba como interferir no processo.

O processo de fabricação é quase artesanal. O operador acerta a mistura correta visualmente, sendo que alguns ajustes das porcentagens das misturas são feitas de forma errada, ou seja, a escolha da vazão da produção e da potência do queimador é feita com base apenas na experiência do operador.

A seqüência de partida dos motores também é feita de forma manual e o tempo da partida compensada deve ser conhecido pelo operador.

A figura 2.4.1 ilustra o quadro de comando manual de operação.

Figura 2.4.1: Painel sem automação

Algumas usinas mais modernas já têm parte de seu funcionamento automatizado. Elas utilizam como automação apenas um sistema supervisório que atua juntamente com os inversores de freqüência para automatizar o processo da mistura dos agregados e CAP. O programa cria relatórios de produções, administra a vazão dos ingredientes, fazendo o cálculo do que foi utilizado e produzido e calibra as células de carga.

3. AUTOMATIZAÇÃO DA USINA

Até este momento ainda não foi abordado o sistema de automação da usina. A necessidade de tal projeto justifica-se em função do processo de confecção de HMA ser muito complexo e envolver diversas variáveis que devem ser controladas, a fim de proporcionar um melhor produto final e maior segurança aos funcionários. A qualidade da produção de HMA não fica mais condicionada a experiência do operador, pois se trata de um sistema inteligente que interpreta os valores e age automaticamente na corrigindo o processo.

As seções seguintes apresentarão mais detalhadamente o desenvolvimento do projeto de automação da usina de asfalto.

3.1. Descrição Geral do Problema

Antes de descrever como será a solução do problema é necessário compreender bem quais pontos o projeto irá atender e o que o mesmo exige. Com a compreensão do que uma usina exige para funcionar é que se podem determinar quais e como serão as formas de controlar seus processos através da programação do CLP e do software supervisório de maneira que possa proporcionar uma solução para o controle de processo de fabricação de asfalto, com confiabilidade e segurança para todos os envolvidos.

O diagrama da figura 3.1.1, ilustra a dimensão do problema e o que ele envolve.
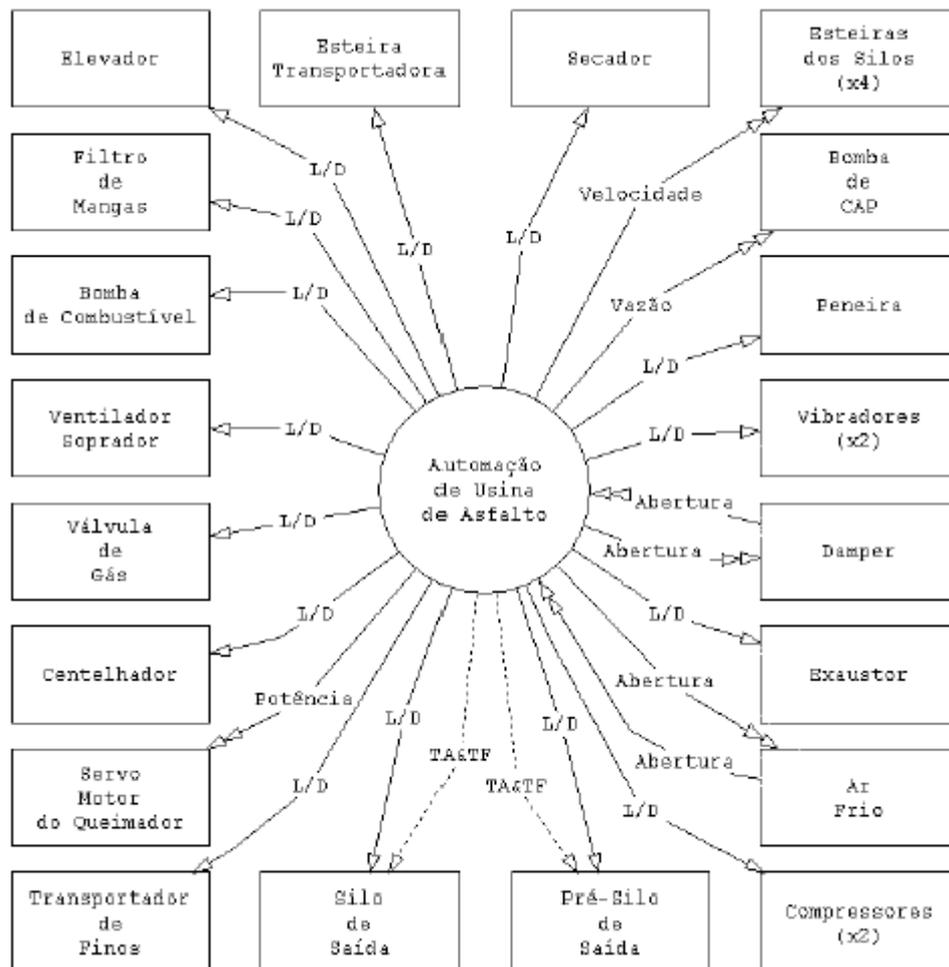
Figura 3.1.1: Diagrama de Contexto do Problema.

Na Figura 3.1.1 as setas com ponta simples indicam uma variável discreta. As setas duplas se referem a sinais contínuos, onde há uma transferência de informação. Já as setas de ponta simples com linha pontilhada indicam uma variável de controle. Neste contexto existem variáveis de tipo diferente são elas:

- Variável Discreta: é aquela que o sistema de automação irá interagir com dois estados: ligado e desligado. É o caso do secador, correia extratora, elevador, filtro de mangas, bomba de combustível, queimador, válvula de gás, chama piloto, transportador de material fino, compressores, exaustor, vibradores, peneira e outros motores. Estes são todos atuadores: saídas do CLP.

- Sinais Contínuos: é aquela variável onde existe a troca de informação como a posição de algum atuador ou de velocidade de motores (sinais analógicos).
- Variável de Controle: são aquelas onde o sistema deve estar continuamente agindo em cima como o tempo de abertura e tempo de fechamento (PID).

O sistema de automação realiza rotinas de controle e operação com base nas respostas das variáveis. Tais respostas são obtidas através de sensoriamentos (Balbinot , Brusamarello, 2006), como PT100, células de carga e temporizadores. Implementando-se uma lógica de programação no CLP e no SISTEX com base na seqüência de eventos para partida, parada e operação da usina, se tem o sistema de automação.

Para implementar-se a lógica de funcionamento da usina é necessário criar respostas a partir de entradas, sinais provenientes de sensores. Os sensores servem para “avisar” ao CLP e ao software supervisório o que está acontecendo na usina para, a partir de certo evento realizar alguma ação. Todos os elementos elétricos que se deseja controlar e operar devem ser acionados pelo CLP, pois a informação do que está ou não ligado também serve como uma entrada, e não apenas os sensores são vistos como tais.

Dentro do escopo da solução está toda a parte de sensores e lógica de funcionamento do problema. Neste projeto alguns sensores, atuadores, válvulas, servo motor e inversores de freqüência já estavam instalados, outros sensores tiveram que ser implementados para completar o sistema de controle.

Tendo isto em mente, o projeto resume-se à determinação e programação da lógica de funcionamento. Agora que estão definidas as ferramentas que serão aplicadas para solucionar o problema, resta a tarefa de definir como elas irão responder e interagir.

3.2. Variáveis de Controle e Operação

As variáveis de controle das usinas de asfalto serão processadas em dois sistemas que se comunicarão em tempo real o CLP e o SISTEX.

O SISTEX (Software Supervisório TEREX) é um sistema criado para controlar o processo de produção do HMA ele é composto pelo CLP e o software supervisório. Através de uma IHM (interface-homem-máquina), que será o computador, o SISTEX processa todas as variáveis de temporização, ele comunica-se em tempo real com o CLP que controla os processos críticos e de emergência, como controlar a temperatura do filtro de mangas e realizar as rotinas de parada de emergência enquanto, no SISTEX ficaria com as outras rotinas em função da facilidade que tem em executar os cálculos. O CLP também tem limitações para valores de dados, pois trabalha em 32 bits e é com ponto fixo, ou seja, não é possível utilizar números com casas decimais. Porém, tudo que é decidido pelo usuário no SISTEX antes passa pelo CLP que cria a comunicação entre os dois sistemas.

Basicamente o SISTEX é onde são tomadas as decisoes do sistema de automação ele recebe informações do CLP e proporciona a interface visual com o operador.

Há três classes de variáveis de controle presentes na usina, são elas:

- Externas liga/desliga: vindas de estados de saídas lógicas;
- Internas: criadas para cálculos e controle de rotinas de programação.
- Externas com informação: oriundas de sensores;

As variáveis externas do tipo liga/desliga atuam diretamente no controle do sistema pois alguns motores não podem permanecer desligados durante a produção caso algum dos motores desligue durante o funcionamento por problema de sobrecarga ou mau funcionamento, imediatamente o operador recebe um sinal

visual na tela indicando qual o motor parou de funcionar, se o problema permanecer por mais de 90 segundos o SISTEX automaticamente pára a produção desligando todo o processo para que possa ser verificado o problema e não prejudicar a produção do HMA.

As variáveis internas são virtuais criadas dentro do sistema de programação, seja ele no CLP ou no programa. Elas podem ter as seguintes funções:

- Registradores sem memória: guardam informação enquanto o programa está em operação. Quando fechado o SISTEX ou iniciado outro ciclo de operação a informação se perde;
- Registradores com memória: guardam informações para que se mantenha um histórico de operações da usina. O histórico inclui um totalizadores de horas trabalhadas e produção, da variação das temperaturas, registro de placas de caminhão juntamente com o peso e a temperatura da massa comparada e tipo de mistura utilizada. Também deixam salvas configurações sobre equipamentos presentes ou não na usina, escalas e limites de temperatura, escalas e limites da célula de carga, resultados de calibrações, tempos de partida, parada e atrasos e outras configurações que a usina exige.
- Flags: são sinais internos que servem de aviso de que algum processo pode ou não ser iniciado, e habilitadores de alguma função ou funcionamento. Trabalham com os valores '0' para não e '1' para sim;
- Status de tela, botão e set-point: sinais de utilização somente do SISTEX que pode associar a um botão, tela ou set-point alguma variável que pode ser de qualquer dos três tipos comentados acima.

Cada variável de controle externa apresenta algumas características limitantes, variáveis e configuráveis, estas variáveis são aquelas que só podem ser conhecidas no momento da instalação do equipamento e de acordo com a produção que será exigida do equipamento. Por exemplo, os limites de temperatura de produção que podem ser configurados diretamente na tela do supervisório ou ainda a opção de deixar o damper do exaustor totalmente aberto, pois o filtro de mangas ficaria mais protegido, porém o gasto de combustível seria maior.

A tabela 3.2.1 mostra as principais variáveis de controle externas com informação, presentes no processo de produção e como elas atuam no sistema.

Tabela 3.2.1: Principais variáveis de controle externas

VARIÁVEL	ATUA DIRETAMENTE	ATUA INDIRETAMENTE
Temperatura do Filtro de Mangas	Potência do queimador e atuador do ar frio	Quantidade de produção da massa e abertura do damper
Ações de Controle	Se a temperatura está abaixo dos 120ºC: Aumentar a potência do queimador (atua no servo-motor); • Se a temperatura está entre 120ºC e 130ºC para filtro de poliéster e entre 150ºC e 180ºC para filtro de nomex: manter a proporção potência do queimador/quantidade de produção; • Se a temperatura estiver se aproximando de 150ºC para filtro de poliéster e 200ºC para filtro de nomex: liberar entrada de ar frio (controle PID que atua no atuador do ar frio).	
Temperatura da Massa Asfática	Potência do queimador	Quantidade de produção da massa temperatura do Filtro de mangas e abertura do damper
Ações de Controle	Se a temperatura está abaixo dos 140ºC: Aumentar a potência do queimador se a temperatura do filtro de mangas não elevar rapidamente, caso contrário diminuir a quantidade de produção (atua no servo-motor ou nos inversores de freqüência); • Se a temperatura está entre 140ºC e 168ºC: manter a proporção potência do queimador/quantidade de produção; • Se a temperatura estiver acima de 169ºC: Aumentar a vazão dos ingredientes se a temperatura do filtro de mangas não estiver muito elevada, caso contrário diminuir a potência do queimador;	
Temperatura do Cap	Avisos de Emergência	Produção
Ações de Controle	Se a temperatura está abaixo dos 145ºC: Emitir aviso ao operador de que a temperatura está baixa (nem o CLP nem o SISTEX têm controle sobre a caldeira que aquece o CAP); • Se a temperatura estiver abaixo de 142ºC: Avisar e iniciar procedimentos de parada da usina; • Se a temperatura está entre 147ºC e 154ºC: não realizar nenhuma ação; • Se a temperatura estiver acima de 155ºC: Emitir aviso ao operador;	

Células de Carga	Quantidade de Produção	Potência do Queimador
Ações de Controle	Se o valor lido é inferior a 5 Kg (já considerando a tara): Emitir aviso de que falta material na esteira e ligar o vibrador daquele silo; • Esta leitura é utilizada para realizar cálculos da vazão de cada silo, bomba de CAP e produção total.	
Potência do queimador (posição servo motor)	Abertura do damper e quantidade de produção	Temperatura do filtro de mangas e temperatura da massa
Ações de Controle	Há um controle linear da relação potência do queimador/abertura do damper.	
Posição atuador Damper	Exaustor e potência do queimador	Quantidade de produção e temperatura do filtro de mangas
Ações de Controle	• Se a abertura for diferente de 0%: bloquear partida do exaustor; • Se a abertura do damper for inferior a 50%: bloquear a partida do queimador.	

3.3. O CLP

O CLP utilizado é da fabricante Moeller e foi escolhido pela sua relação custo/benefício. Seu preço não é elevado e possui grande disponibilidade de módulos de entradas e saídas e fácil implementação de lógica interna, como PID´s (Ogata, 1995), temporizadores, lógicas combinacionais e etc. O CLP conta com as seguintes características (Manual Moeller, 2006, p.5):

- Capacidade 500 Kbytes de memória RAM;
- Cartão de memória de 1 Mbyte;
- Velocidade de comunicação de 0,5 Kbps;
- Na própria CPU este CLP possui 16 entradas digitais, 14 saídas digitais, 2 entradas analógicas e 1 saída analógica;
- Saídas digitais a relé;
- Rede SUCO net K e permite a conexão de sistemas abertos, tal como PROFIBUS-FMS ou PROFIBUS–DP, AS interface, tele-controle de acordo com IEC870-5 ou serial comunicação via RS232 ou RS485 utilizando expansões remotas e locais
- Módulos de expansão que totalizam 17 entradas analógicas, 4 saídas analógicas e 15 saídas digitais;

As tabelas a seguir apresentam os módulos utilizados e suas respectivas entradas e saídas e sua classificação.

Tabela 3.3.1: Principais entradas e saídas da CPU do CLP

PS4-341-MM1						
	ENDEREÇO	**STATUS**	**RELÉ AUX**		**TIPO**	**SINAL**
1	I0	LIGADO	EXAUSTOR		ENTRADA DIGITAL	24VC
2	I1	LIGADO	ELEVADOR		ENTRADA DIGITAL	24VC
3	I2	LIGADO	VENTILADOR		ENTRADA DIGITAL	24VC
4	I3	LIGADO	SECADOR		ENTRADA DIGITAL	24VC
5	I4	LIGADO	CORREIA EXTRATORA		ENTRADA DIGITAL	24VC
6	I5	LIGADO	COLETOR DE FINOS		ENTRADA DIGITAL	24VC
7	I7	LIGADO	COMPRESSOR FM1		ENTRADA DIGITAL	24VC
8	I0	LIGADO	COMPRESSOR FM2		ENTRADA DIGITAL	24VC
9	I1	LIGADO	BB ASFALTO		ENTRADA DIGITAL	24VC
10	I2	LIGADO	BB COMBUSTIVEL		ENTRADA DIGITAL	24VC
11	I3	LIGADO	SILO 1		ENTRADA DIGITAL	24VC
12	I4	LIGADO	SILO 2		ENTRADA DIGITAL	24VC
13	I5	LIGADO	SILO 3		ENTRADA DIGITAL	24VC
14	I6	LIGADO	SILO 4		ENTRADA DIGITAL	24VC
1	Q0	LIGA	AUTO TRAFO	CA01	SAIDA DIGITAL	24VCC
2	Q1	LIGA	EXAUSTOR ALTA	CA02	SAIDA DIGITAL	24VCC
3	Q2	LIGA	EXAUSTOR BAIXA	CA03	SAIDA DIGITAL	24VCC
4	Q3	LIGA	SECADOR ALTA	CA04	SAIDA DIGITAL	24VCC
5	Q4	LIGA	SECADOR BAIXA	CA05	SAIDA DIGITAL	24VCC
6	Q5	LIGA	ELEVADOR ALTA	CA06	SAIDA DIGITAL	24VCC
7	Q0	LIGA	ELEVADOR BAIXA	CA07	SAIDA DIGITAL	24VCC
8	Q2	LIGA	VENTILADOR ALTA	CA09	SAIDA DIGITAL	24VCC
9	Q3	LIGA	VENTILADOR BAIXA	CA10	SAIDA DIGITAL	24VCC
10	Q4	LIGA	CORREIA EXTRATORA	CA11	SAIDA DIGITAL	24VCC
11	Q5	LIGA	COLETOR DE FINOS	CA12	SAIDA DIGITAL	24VCC
12	Q6	LIGA	BOMBA ASFALTO	CA13	SAIDA DIGITAL	24VCC
13	Q7	LIGA	REVERSÃO BB ASFALTO	CA14	SAIDA DIGITAL	24VCC

Tabela 3.3.2: Principais entradas e saídas do módulo dos Dampers

LE4-206-AA1						
	ENDEREÇO	**STATUS**	**RELÉ AUX**		**TIPO**	**SINAL**
1	U0		DAMPER EXAUSTOR		ENTRADA ANALÓGICA	2-10V
2	U1		DAMPER QUEIMADOR		ENTRADA ANALÓGICA	2-10V
3	U2				ENTRADA ANALÓGICA	2-10V
4	U3				ENTRADA ANALÓGICA	2-10V
1	U0		DAMPER EXAUSTOR		SAIDA ANALÓGICA	2-10V

2	U1		DAMPER QUEIMADOR		SAIDA ANALÓGICA	2-10V

Tabela 3.3.3: Principais entradas e saídas do módulo geral

LE4-116-DX1						
	ENDEREÇO	**STATUS**	**RELÉ AUX**		**TIPO**	**SINAL**
1	I0	LIGADO	VIBRADOR SILO 2		ENTRADA DIGITAL	24VCC
2	I1	LIGADO	VIBRADOR SILO 3		ENTRADA DIGITAL	24VCC
3	I2	LIGADO	VIBRADOR PENEIRA 1		ENTRADA DIGITAL	24VCC
4	I3	LIGADO	VIBRADOR PENEIRA 2		ENTRADA DIGITAL	24VCC
5	I4	LIGADO	AUTO TRAFO D1 E D2		ENTRADA DIGITAL	24VCC
6	I5	SOBREGARGA	VIBRADOR SILO 2		ENTRADA DIGITAL	24VCC
7	I6	SOBREGARGA	VIBRADOR SILO 3		ENTRADA DIGITAL	24VCC
8	I7	SOBREGARGA	VIBRADOR PENEIRA 1		ENTRADA DIGITAL	24VCC
9	I0	SOBREGARGA	VIBRADOR PENEIRA 2		ENTRADA DIGITAL	24VCC
10	I1	SOBRECARGA	EXAUSTOR		ENTRADA DIGITAL	24VCC
11	I2	SOBRECARGA	ELEVADOR		ENTRADA DIGITAL	24VCC
12	I3	SOBRECARGA	VENTILADOR		ENTRADA DIGITAL	24VCC
13	I4	SOBRECARGA	SECADOR		ENTRADA DIGITAL	24VCC
14	I5	SOBRECARGA	CORREIA EXTRATORA		ENTRADA DIGITAL	24VCC
15	I6	SOBRECARGA	COLETOR DE FINOS		ENTRADA DIGITAL	24VCC
1	I0	SOBRECARGA	BB ASFALTO		ENTRADA DIGITAL	24VC
2	I1	SOBRECARGA	BB COMBUSTIVEL		ENTRADA DIGITAL	24VC
3	I2	SOBRECARGA	SILO 1		ENTRADA DIGITAL	24VC
4	I3	SOBRECARGA	SILO 2		ENTRADA DIGITAL	24VC
5	I4	SOBRECARGA	SILO 3		ENTRADA DIGITAL	24VC
6	I5	SOBRECARGA	SILO 4		ENTRADA DIGITAL	24VC
8	I7	SOBRECARGA	COMPRESSOR FM1		ENTRADA DIGITAL	24VC
9	I0	SOBRECARGA	COMPRESSOR FM2		ENTRADA DIGITAL	24VC
12	I3		SENSOR DE CHAMA		ENTRADA DIGITAL	24VC
13	I4		RELÉ FASE		ENTRADA DIGITAL	24VC
14	I5		TERMISTOR AUTO TRAFO		ENTRADA DIGITAL	24VC
15	I6		MANUAL / AUTOMATICO		ENTRADA DIGITAL	24VC

Tabela 3.3.4: Principais entradas e saídas do módulo de temperaturas

EM4-101-AA2						
	ENDEREÇO	**STATUS**	**RELÉ AUX**		**TIPO**	**SINAL**
1	I0		TEMP CAP		ENTRADA ANALÓGICA	4 -20mA
2	I1		TEMP MASSA		ENTRADA ANALÓGICA	4 -20mA
3	I2		TEMP GASES		ENTRADA ANALÓGICA	4 -20mA
4	I3		TEMP FM		ENTRADA ANALÓGICA	4 -20mA

Tabela 3.3.5: Principais entradas e saídas do módulo de saídas digitais

LE4-116-XD1						
	ENDEREÇO	STATUS	RELÉ AUX		TIPO	SINAL
1	Q0	LIGA	BB COMBUSTIVEL	CA15	SAIDA DIGITAL	24VCC
2	Q1	LIGA	SILO 1	CA16	SAIDA DIGITAL	24VCC
3	Q2	LIGA	SILO 2	CA17	SAIDA DIGITAL	24VCC
4	Q3	LIGA	SILO 3	CA18	SAIDA DIGITAL	24VCC
5	Q4	LIGA	SILO 4	CA19	SAIDA DIGITAL	24VCC
6	Q6	LIGA	COMPRESSOR FM	CA21	SAIDA DIGITAL	24VCC
7	Q7	LIGA	AR EMERGENCIA	CA22	SAIDA DIGITAL	24VCC
8	Q8	LIGA	BUZINA	CA23	SAIDA DIGITAL	24VCC
9	Q9	LIGA	COMPORTA PRÉ-SILO	CA24	SAIDA DIGITAL	24VCC
10	Q10	LIGA	VALV COMBUSTIVEL	CA25	SAIDA DIGITAL	24VCC
11	Q11	LIGA	PILOTO	CA26	SAIDA DIGITAL	24VCC
12	Q12	LIGA	HABILITA FILTRO	CA27	SAIDA DIGITAL	24VCC

Tabela 3.3.6: Principais entradas e saídas do módulo de freqüência

EM4-101-AA2						
	ENDEREÇO	STATUS	RELÉ AUX		TIPO	SINAL
1	U0		FREQ SILO 1		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
2	U1		FREQ SILO 2		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
3	U2		FREQ SILO 3		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
4	U3		FREQ SILO 4		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
5	U4		FREQ ASFALTO		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
1	U0		FREQ SILO 1		SAIDA ANALÓGICA	0-10V
2	U1		FREQ SILO 2		SAIDA ANALÓGICA	0-10V
3	U2		FREQ SILO 3		SAIDA ANALÓGICA	0-10V
4	U3		FREQ SILO 4		SAIDA ANALÓGICA	0-10V
5	U4		FREQ ASFALTO		SAIDA ANALÓGICA	0-10V

Tabela 3.3.7: Principais entradas e saídas do módulo das células de carga

EM4-101-AA2						
				RELÉ AUX	TIPO	SINAL
1	U0		CELULA CARGA SILO 1		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
2	U1		CELULA CARGA SILO 2		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
3	U2		CELULA CARGA SILO 3		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V
4	U3		CELULA CARGA SILO 4		ENTRADA ANALÓGICA	0-10V

3.4. Software Supervisório - SISTEX

Os programas do tipo Scada são utilizados em aplicações de automação, e tem como papel se comunicar, oferecer uma interface de visualização e controle do sistema através do CLP (Elipse Scada, 2006, p.1). O Elipse Scada, que é a ferramenta utilizada, tem uma interface simples, é fácil de ser programado, tem todas as funcionalidades necessárias e amplo domínio e escolha de variáveis, que no programa são chamadas de “Tags”.

Por estas facilidades, o seu papel no projeto tornou-se muito importante, pois é utilizado para operação supervisão e controle do processo de fabricação do HMA. Além disso, o SISTEX é a própria IHM, e deve ter uma interface de operação fácil de ser entendida e operada pelo operador.

O SISTEX funciona juntamente com o CLP por isso se faz necessárias à instalação e programação do SISTEX. Com o CLP programado, deve-se instalar o ELIPSE SCADA que é ferramenta onde é programado o SISTEX.

O SISTEX como comentado nos capítulos iniciais controlará juntamente com o CLP todo o sistema de automação da usina.

O ELIPSE SCADA funcionará então como uma plataforma de comunicação para que o SISTEX funcione e também necessita de uma “hardkey” (chave de Hardware) para que o programa possa funcionar.

A figura 3.4.1 ilustra a hardkey de operação.

Figura 3.4.1: Hardkey.

O SISTEX é composto de várias telas, com diferentes funções cada uma. Optou-se pela utilização de várias telas para que o ambiente de trabalho não causasse poluição visual para o operador e que também os possíveis erros de operação fossem minimizados.

A figura 3.4.2 ilustra a tela inicial do SISTEX para visualização de algumas de suas funcionalidades.

Figura 3.4.2: Tela inicial do SISTEX

A partir da tela inicial do SISTEX o operador terá acesso a todas as outras telas principais e também a sair do programa, mas só será permitida a saída quando todos os motores estiverem desligados.

Nesta tela é feito LOGIN/LOGOUT. Isso se faz necessário, pois cada funcionalidade do programa tem níveis de restrição, para garantir que usuários não qualificados não possam desfazer alguma configuração da usina ou mesmo operar a mesma de maneira errada, podendo causar acidentes.

Uma das telas principais para o perfeito funcionamento das usinas de asfalto é a tela de configurações. Nela o operador estabelecerá tudo o que o sistema deverá controlar, sendo que os itens a seguir são obrigatórios para que o sistema comece a funcionar.

- MODELO USINA: Configura o programa de acordo com a usina a ser utilizada;
- SILOS/ESTOCAGEM, DOSADORES, QUEIMADOR, MEDIDORES DE UMIDADE, SENSORES DE NÍVEL, MEDIDORES DE VAZÃO, SEGURANÇA E MOTORES: Assinalar itens presentes ou não na estrutura da usina;
- SISTEMA DE PESAGEM: Configura o tipo de controle realizado para contabilizar e dosar as produções. Pode-se habilitar um filtro para a pesagem e escolher o número de médias a ser utilizado por ele;
- AUTO TRANSFORMADOR: Indica a presença de termistor (sistema de proteção) no auto transformador que é utilizado para proteção do transformador que faz a partida compensada dos motores de grande potência e o tempo de duração da partida compensada também deve ser ajustado;

Após modificações das configurações, estas devem ser salvas através do botão “Salvar Configurações”.

A figura 3.4.3 ilustra a tela de configurações obrigatória da usina de asfalto

Figura 3.4.3: Tela configuração do SISTEX

O SISTEX possui também uma tela exclusiva para calibração dos silos dosadores. É nesta tela que são colocadas alguma característica física dos silos como comprimento de esteira e tempo para executar uma volta. Também é definido o peso mínimo para que o SISTEX indique ao operador a falta de material nos dosadores antes de desligar a produção.

Os procedimentos para calibrar as células de carga são as seguintes:

- Em primeiro lugar a esteira deve estar vazia e o valor lido na célula de carga deve ser salvo no item 'tara' da calibração. Após este procedimento é conferida a relação bits/quilogramas;
- Definir um total de peso a ser medido;
- Usar a função "Iniciar". Esta função ligará elevador, secador, esteira transportadora e a esteira do silo com a célula de carga a ser calibrada. Como o total de peso a ser pesado já está definido o

sistema ficará funcionando até atingir o peso estipulado. Quando este peso for atingido aparecerá no campo “peso medido”. Automaticamente o sistema calcula um fator de ajuste que consegue estabelecer a relação entre o peso que as células de carga dos silos dosadores estão medindo e o peso real que está saindo de material.

- Transferir este material para um caminhão, que deve ficar embaixo da saída dos silos do elevador e levá-lo para ser pesado.
- Coloca-se este peso de material que está no caminhão no campo apropriado e o programa calcula um novo ‘k’ de modo que nos cálculos os pesos fiquem iguais. Repete-se o processo mais duas vezes para confirmar a calibração.

A figura 3.4.4 ilustra a tela de calibração dos dosadores

Figura 3.4.4: Tela calibração dos dosadores

O SISTEX possui uma tela para calibração da bomba de CAP, os procedimentos para calibração são apresentados a seguir:

- Iniciar a produção de HMA normalmente;
- Levar a mistura pronta a um laboratório e medir a porcentagem do CAP presente na massa para verificar se esta de acordo com a porcentagem solicitada pelo órgão regulamentado DNIT ;
- Na tela apropriada do SISTEX inserir este valor, ainda durante a produção da mesma mistura.

A figura 3.4.5 ilustra a tela de calibração da bomba de CAP das usinas de asfalto.
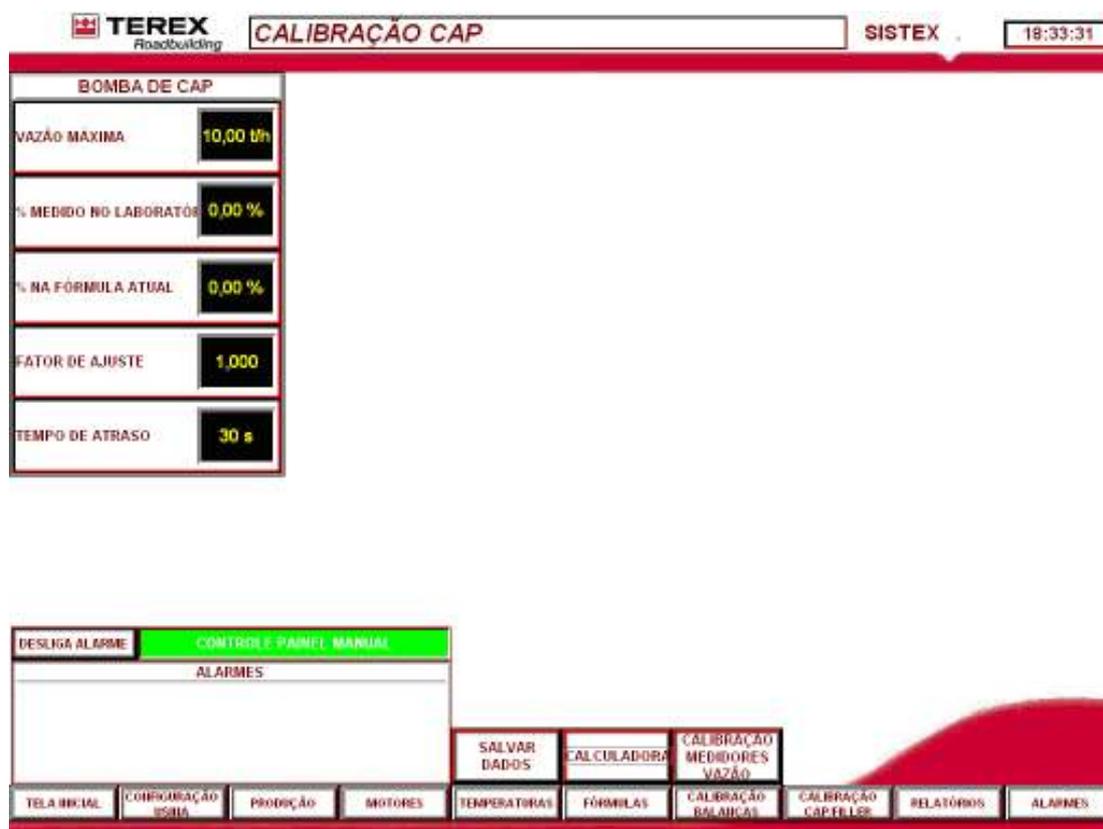
Figura 3.4.5: Tela calibração da bomba de CAP.

A tela que o operador mais utilizará será a tela de produção. É nela onde o operador terá total controle da produção do HMA. A seguir serão listados os principais tópicos relacionados com esta tela.

- Acionamento dos motores da usina é feito através dos desenhos de motores localizados na tela, basta clicarem no desenho do motor e o mesmo iniciará seu funcionamento, para desligar basta clicar novamente no desenho do motor. Em ambas as situações uma tela abrirá solicitando a confirmação da operação;
- Antes de acionar os motores é necessário confirmar o comando;
- Aciona os silos de saída de massa por comando de abrir e fechar ou por ciclo temporizado. No caso de ser sistema de pesagem aciona o silo balança com um peso estabelecido;
- Motores com inversor de freqüência tem uma tela para escolha de velocidade e modo de operação (manual/automático);
- Acesso às informações de consumo e registro de caminhões;
- MANUAL/AUTOMÁTICO: Modo de produção da usina em manual ou automático;
- DESLIGA ALARME: Desliga alarme de motores que aparecem na lista de ALARMES;
- INICIAR PRODUÇÃO: Após o acionamento da correia extratora, secador, elevador e escolha de uma fórmula o operador já pode dar início a uma produção.

A figura 3.4.6 ilustra a tela principal de operação da usina.
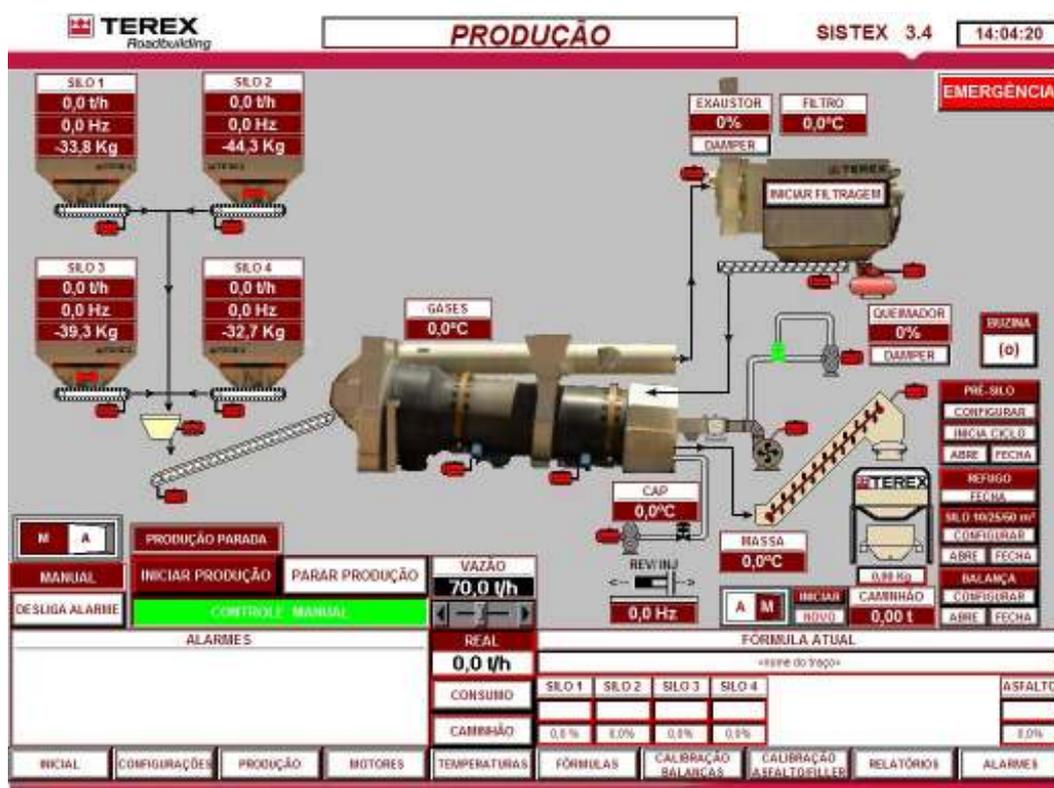
Figura 3.4.6: Tela principal de operação.

Um dos principais pontos de controle de usinas de asfalto são as temperaturas. Entretanto como os limites de temperatura variam muito conforme a região às condições climáticas, altitude dentre outros fatores, foi criada dentro do SISTEX uma tela para calibração dos limites de temperatura necessários no processo.

A figura 3.4.7 ilustra a tela de controle das temperaturas individuais.
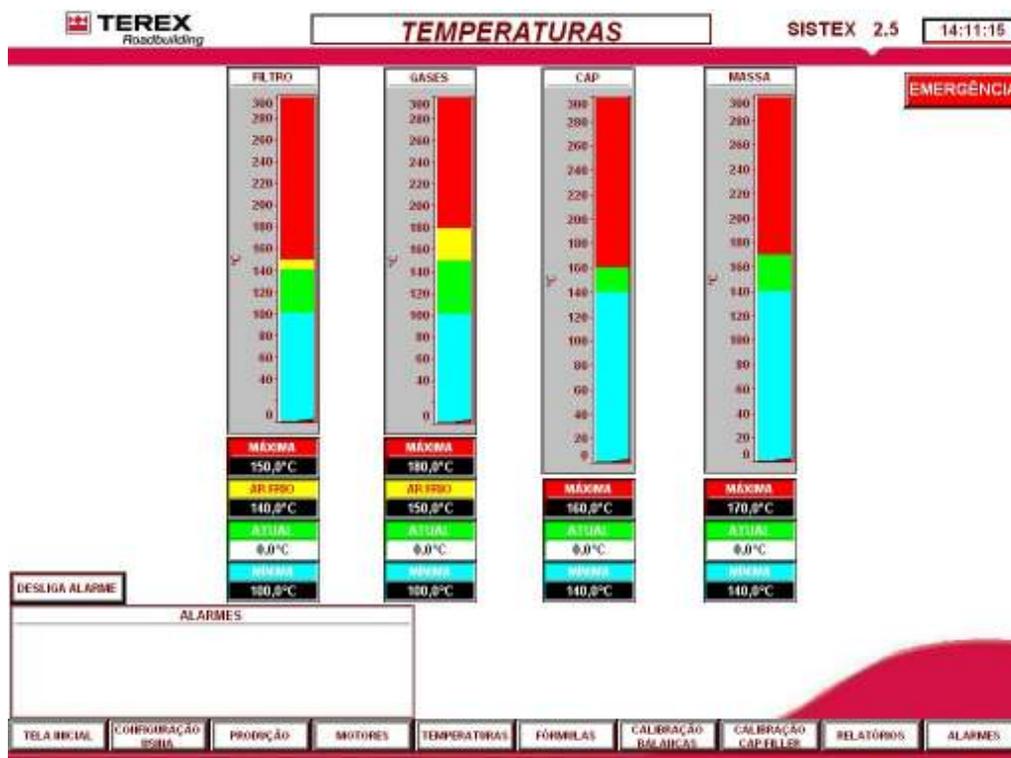
Figura 3.4.7: Tela controle individual de temperaturas.

Um dos principais fatores da produção de massa asfáltica é a escolha da fórmula que é determinada pelo órgão regulamentador o DNIT , ou seja, a receita de mistura. Para isso foi implementada uma tela onde o operador somente precisa inserir a fórmula e o SISTEX calcula os outros fatores todos automaticamente, como por exemplo, velocidade de correias e aberturas de comportas.

Abaixo serão listados os principais passos para que uma fórmula de produção de massa asfáltica seja criada e carregada para a tela de produção.

- Tela para criar, editar, salvar e apagar fórmulas para operação da usina;
- Para criar uma formula:

1. Clicar em NOVA FÓRMULA;
2. Preencher as porcentagens e nomes dos materiais da fórmula;
3. Clicar em SALVAR FÓRMULA.

- O operador pode buscar uma fórmula pelo seu nome ou pelo número;
- Para utilizar a fórmula em uma produção o operador deve antes selecionar a fórmula desejada e clicar em CARREGAR FÓRMULA;
- A fórmula também pode ter seus parâmetros modificados durante a produção, caso seja necessário. Ao clicar em EDITAR FÓRMULA os campos de edição ficarão habilitados para a troca de valores. Feitas as modificações, será necessário salvar a fórmula novamente e carregá-la.

A figura 3.4.8 ilustra a tela de criação de fórmulas.
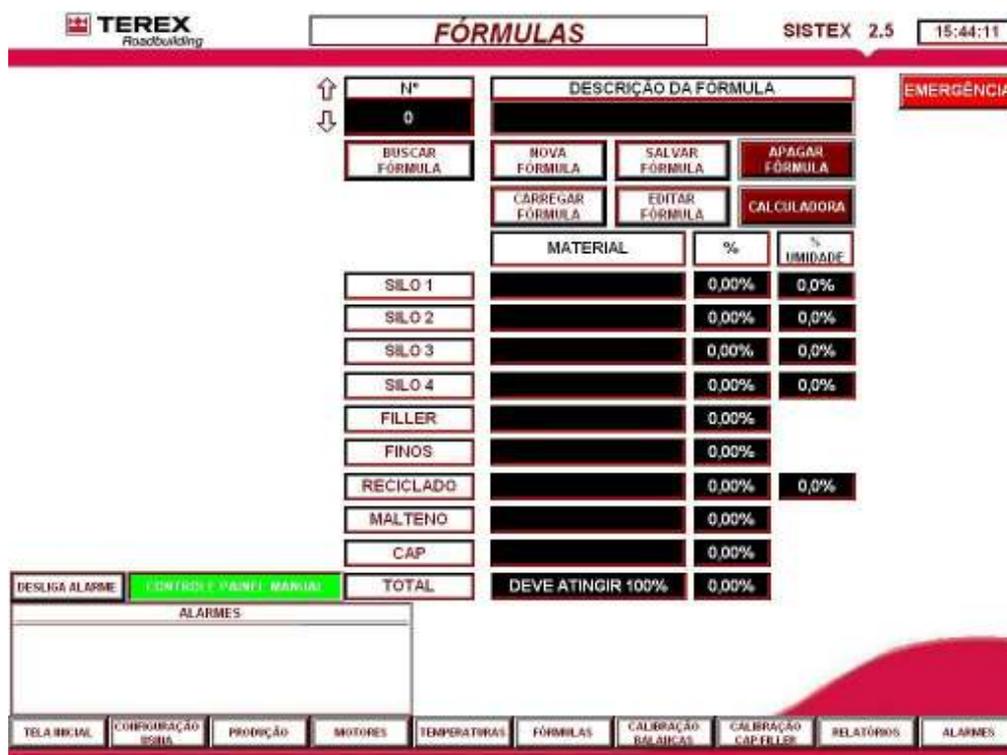
Figura 3.4.8: Tela de criação de formulas

As demais telas não serão citadas por não influenciarem diretamente na produção de massa asfáltica.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O projeto de automação das usinas de asfalto depois de terminado foi colocado em prática. Para realizar os testes foi fabricada uma usina protótipo que foi emprestada a alguns clientes para que fosse alocada em alguma obra, simulando uma condição real. Este tipo de teste se torna interessante para ambas as partes tanto cliente quanto o fabricante da máquina que poderá assim homologar o seu equipamento.

Durante os primeiros testes a maior preocupação era com relação ao sistema de pesagem, pois as células de carga são muito sensíveis a vibrações e a movimentos. Como as usinas de asfalto são equipamentos que sofrem constantes vibrações havia o receio quanto à repetitividade deste sistema. Por existir esta dúvida com relação à pesagem e também porque estes erros causariam grande estrago na produção de HMA, optou-se por utilizar um sistema de pesagem volumétrico, que facilitaria até mesmo os cálculos e os filtros que eram necessários para programar. O sistema de pesagem volumétrico consiste basicamente em deixar uma abertura constante dos silos e calibrar a usina da mesma maneira, com a diferença que a constante 'k' agora é proporcional ao volume de agregado que se encontra na esteira. Como é conhecida a densidade, o cálculo de peso que há na esteira se torna fácil e preciso, pois para qualquer velocidade com abertura constante a altura da pilha de material não se altera.

A realização destes testes foi um pouco complicada, pois, atualmente no sul do Brasil, a tonelada do HMA é vendida por R$180,00. Normalmente uma usina com capacidade de produzir 140 toneladas por hora, trabalha realmente com uma quantidade de produção equivalente a 100 toneladas por hora. Se os testes fossem

feitos com esta vazão, como a usina não estaria trabalhando com capacidade máxima seria necessário realizar mais de um teste para obtenção de resultados precisos e cada teste duraria no mínimo uma hora. Uma vez que a usina é ligada e está trabalhando, as temperaturas do processo são elevadas, portanto depois que desligada deve-se aguardar certo tempo, pois as curvas de temperatura do processo são lentas e se comportam de maneira diferente conforme as características da produção mudam. Em uma hora de testes seriam gastos R$18.000,00. Caso a qualidade do produto deste teste não fosse satisfatória, o mesmo poderia não ser aproveitado.

Outro fator que preocupou bastante foi como seria a resposta do sistema no caso de alguma falta de material. Pois caso falte material no interior do secador, ou o operador imponha um aumento demasiado da produção, as temperaturas subiriam em poucos segundos e os atuadores com certeza não seriam capazes de atuar a tempo. Cada atuador para chegar de 0 a 100% leva 100 segundos o que seria tempo demais. Constatou-se que isso era um problema do atuador e não era possível minimizar pelo programa, por tratar-se de uma característica construtiva da peça. Assim optou-se por substituir os atuadores por outros com uma resposta no tempo adequado.

Alguns problemas mecânicos foram detectados durante os testes que impediam o perfeito funcionamento do programa. Foi necessário implementar alguns outros tipos de sensoriamento, como sensor de chama para detectar a presença de fogo no queimador dentre outros.

Para que fosse possível ter uma conclusão sobre o sistema de controle das usinas de asfalto optou-se por considerar mais importante a parte de operação e desempenho da parte básica do sistema de automação, que será discutido a seguir.

4.1. Desempenho e Operação do SISTEX.

A primeira versão desenvolvida do SISTEX tinha apenas alguns controles básicos de operação e ainda não previa a inserção de algumas funcionalidades as quais se detectou necessárias. Durante os primeiros testes de comunicação com os dispositivos elétricos da usina é que funções e telas foram sendo inseridas, de acordo com as necessidades observadas em campo.

Alguns métodos e lógicas de operação das funções do programa, previamente desenvolvidas, se mostraram corretas e bem aceitas pelo operador da empresa que fabrica o asfalto. Modificações e atualizações tiveram que ocorrer no momento em que se produzia asfalto.

Com a operação constante da usina e observação do operador, sobre o que era programado, o SISTEX foi sendo modificado para ficar de acordo com o que se espera de uma interface que possa controlar e operar uma usina de asfalto. Durante o período de testes, o SISTEX tornou eficaz o processo de produção, facilitando os processos de: iniciar, acompanhar e concluir uma produção de massa asfáltica. Após a familiarização das telas, a operação se torna corriqueira e simples, bastando pressionar poucos botões.

Dentre os principais resultados que este sistema proporcionou podem ser citados:

- O aumento da segurança para todos os envolvidos no processo.
- O aumento da capacidade produtiva em 15 T/H de HMA.
- Controle geral do processo através de um único local de comando.

O SISTEX ainda se encontra em desenvolvimento, buscando-se tornar o seu layout mais "amigável" e ainda mais fácil de operar e interagir. Algumas funcionalidades estão sendo alteradas e adicionadas, para garantir que a produção de asfalto seja segura e repetitiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uma boa especificação do problema é possível pensar em soluções adequadas e inteligentes para atender às necessidades exigidas. O próprio cliente também deve saber descrever o que ele quer, para que o engenheiro já saiba de antemão o caminho que deve seguir.

As soluções propostas em um projeto de automação sempre têm o intuito de torná-lo mais robusto e seguro. Neste caso não foi diferente, pois pôde ser observado que o processo de fabricação do HMA é complexo e pode interagir com ainda mais variáveis que aqui foram apresentadas. A própria usina já é um local perigoso, onde acidentes não são fatos raros. Quanto mais ferramentas de controle e operação puderem ser utilizadas, mais confiável e valorizado será o produto, tanto por quem usa quanto por quem faz.

Neste trabalho foi implementado um sistema de controle e automação de usinas de asfalto móvel. Para isso foi utilizado um CLP do fabricante Moeller e foi escolhido pela sua relação custo/benefício. Seu preço não é elevado e possui grande disponibilidade de módulos de entradas e saídas e fácil implementação de lógica interna, como PID´s, temporizadores, lógicas combinacionais e etc.

Foi utilizado também um software superivisório do tipo Scada que foi destinado a fazer a interface entre operador e equipamento, todo este processo de automação foi denominado SISTEX.

O trabalho realizado não foi focado apenas na realização do SISTEX e proporcionou conhecimentos não apenas em engenharia elétrica, mas sim em soluções gerais com engenharia. Cada projeto de automação pode disponibilizar novas informações e permitir que o engenheiro amplie suas maneiras de encarar os

problemas. Em cada projeto podem-se utilizar novas ferramentas, ou até ferramentas que já foram utilizadas em projetos passados.

Contudo o necessário é entender o problema e aplicar as soluções de maneira rápida, prática, eficiente e com menor custo possível.

Um projeto de automação requer um amplo estudo e conhecimento sobre o processo que se quer modificar. É um projeto completo, pois o engenheiro deve conhecer todas as variáveis envolvidas e como elas interagem com o sistema. Não basta ter uma solução pronta previamente, pois o problema não é facilmente definido, o qual exige avaliações e estudo.

Muitas vezes a planta do projeto já está pronta e pode conter elementos de automação presentes, o que pode criar certas restrições e dificuldades. O ideal seria poder desenvolver novas soluções para os problemas que o projeto impõe que sejam resolvidos.

6. REFERÊNCIAS

1) Danfoss, Manual inversor de Freqüência Danfoss VLT2810, ed.8, São Paulo, 2006.

2) Petrobrás, Propriedades do CAP (cimento asfalto petróleo), Rio de Janeiro, 1995

3) Toledo, Manual de Célula de Carga SV100, São Paulo, 2004.

4) ACE Schmersal, Manual Fim-de-Curso e chaves de segurança, São Paulo, 2007.

5) Alexandre Balbinot & Valner Brusamarello, Instrumentação e Fundamentos de Medida, Vol.1, 1º ed, 2006, LTC.

6) RENNER Tecidos, Manual Especificação de Mangas, 2005.

7) ELIPSE SCADA, Manual de Instruções, 2º ed, 2006.

8) Ogata, Katsuhiko; Discrete-time Control Systems; 2ª ed - Prentice-Hall International; EUA; 1995

9) Manual Möeller (CLP), 2006.

10) Rockwell Actuators, Instruction Manual and mantainice, 2007.

11) Ministério dos Transportes, http://www.transportes.gov.br.